

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ В СФЕРЕ ПОСТАВОК КОМПЛЕКТУЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ

Кузнецов В.В., соискатель,
Тульский государственный университет

Аннотация: рассмотрена задача финансового планирования в цепочках кооперации при поставках комплектующих изделий и узлов с учетом стохастичности возникающих при этом разветвленных денежных потоков для предприятий-покупателей, находящихся на любом уровне цепочки кооперации. Показано, что стохастический денежный поток может быть смоделирован на основе использования элементов теории нечетких множеств. Предложены выражения для определения значений элементов и функций принадлежности для нечетких множеств, моделирующих денежный поток. Показано, что денежный поток во времени будет иметь как детерминистские, так и стохастические (нечеткие) участки. Предложен критерий оптимизации размера кредитных средств, используемых для устранения возможной неплатежеспособности предприятий-покупателей на нечетких участках потока. Показано, что имеет место увеличение стохастичности и нечеткости разветвленных денежных потоков при переходе от головного исполнителя к исполнителям более низких уровней для всей цепочки кооперации. Отмечено, что вероятность нарушения сроков поставки продукции конечному потребителю находится в зависимости от параметров стохастических денежных потоков в цепочках кооперации, определяемых на основе результатов финансового контроля всей цепочки кооперации со стороны предприятия-покупателя, находящегося в центре этой цепочки.

Ключевые слова: денежные потоки, закупки комплектующих изделий, нечеткие множества

Современные промышленные предприятия, выпускающие достаточно сложную, в том числе наукоемкую, продукцию, формируют цепочки поставщиков материалов, комплектующих изделий и узлов. В этих цепочках возникают информационные, материальные и денежные потоки. При этом наиболее значительные денежные потоки формируются обычно в сфере обеспечения предприятий комплектующими изделиями и узлами. Эти потоки в значительной степени являются стохастическими, так как случайными могут оказаться как объемы, так и сроки реализации платежей. Для повышения эффективности финансового планирования и прогнозирования таких денежных потоков необходима разработка системы моделирования, учитывающей их особенности в сфере снабжения предприятий комплектующими изделиями и узлами. Ранее [1], был рассмотрен теоретико-вероятностный подход к моделированию подобных потоков. Было показано, что денежный поток $CF_i(t_i)$ может быть представлен последовательностью планируемых поступлений $+CI_i$ в некоторые моменты времени (сроки поступлений), представляющей собой входящий поток. В другие сроки (моменты времени) происходит расходование средств в соответствии с заключенными договорами на поставку. В результате формируется поток платежей $-CO_i$, который можно рассматривать как исходящий поток. Поток поступлений в задаче анализа потоков в сфере снабжения предприятий комплектующими изделиями и узлами

чаще всего является двумерным стохастическим потоком, когда вероятностный характер приобретают и объем, и сроки поступления средств. Тогда каждый элемент денежного потока независимо от того, является он поступлением, или выплатой можно представить в виде кортежа [1]:

$$\{+CI_i, -CO_i, t_{H_i}, t_{K_i}, P_i(t)\}, \quad (1)$$

где t_{H_i}, t_{K_i} – начальное и конечное значение периода распределения срока поступления (выплаты) денежных средств;

$P_i(t)$ – кумулятивная функция распределения вероятностей срока поступления (выплаты) денежных средств в интервале t_{H_i}, t_{K_i} .

Очевидно, что в течение периода t_{H_i}, t_{K_i} для каждой финансовой операции изменяется вероятность ее реализации, и по окончании этого периода эта вероятность становится равной 1, так как операция осуществлена. Однако в период неопределенности $t_{H_i} \leq t \leq t_{K_i}$ существуют меньшие 1

вероятности некоторых конкретных значений денежного потока. В результате подобный денежный поток можно рассматривать как последовательность стохастических и детерминированных участков. При этом стохастичность потока в цепочках поставок возрастает при переходе на более низкие уровни. Увеличение стохастичности выражается в увеличении периодов распределения сроков поступлений (выплат) денежных средств

t_{H_i}, t_{K_i} предприятиями-покупателями более низких уровней.

Таким образом, в некоторые моменты времени t_m , принадлежащие стохастическим участкам,

$$CF(t_m) \equiv \{CF_1, P_1, CF_2, P_2, \dots, CF_k, P_k, \dots, CF_K, P_K\} \quad (2)$$

При наличии сформированной таким образом информации о стохастическом денежном потоке в процессе финансового планирования при заключении каждого нового договора или контракта на поставку комплектующих можно выбирать сроки оплаты с максимальной вероятностью наличия необходимых средств. После формирования всего пакета договоров или контрактов может быть вычислен вероятностно-экономический критерий риска неплатежеспособности [1], который изменя-

$$CF(t) = \{CF_1 / \mu_1, CF_2 / \mu_2, \dots, CF_j / \mu_j, \dots, CF_J / \mu_J\}, \quad (3)$$

где μ_j - значения функции принадлежности элементов CF_j к нечеткому множеству $CF(t)$.

В общем случае элементы нечеткого множества CF_j определяются как алгебраические суммы CF_k для элементов множества подмножеств (булеана) $P \{CF(t)\}$ для множества (кортежа) (2) в интервале t_{H_i}, t_{K_i} . Значения функции принадлежности определяются либо экспертным путем, либо, с некоторой условностью, могут быть приняты численно равными вероятностям P_k из кортежа (2). Тогда значения функции принадлежности для элементов множества подмножеств (булеана) $P \{CF_k\}$ определяются как $\mu_j = \min\{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k, \dots, \mu_K\}$.

Подобное нечеткое множество можно также представить как нечеткое число, однако оно будет отличаться от традиционной формы треугольного или трапециoidalного нечеткого числа [4] тем, что не содержит участков с непрерывной функцией принадлежности, а является фактически дискретным нечетким числом.

Отдельной задачей при таком подходе является учет потока выплат $-CO_i$. Эти выплаты обычно осуществляются в строго определенные оптимальные сроки, которые устанавливаются в соответствии с «платежным календарем». Если выплаты происходят на детерминированном участке, то они учитываются в нечетком числе путем уменьшения элемента CF_n на величину $|-CO_i|$ и имеют функцию принадлежности $\mu(CO_i) = 1$. Планирование этих платежей происходит традиционными методами финансового планирования. Если же сроки платежей попадают на нечеткие участки, то

существует несколько возможных значений составляющих (элементов) денежного потока $CF_k(t_m)$, с различной вероятностью, что может быть представлено в виде кортежа (множества).

ется в процессе реализации последовательности поступлений и платежей.

Другим подходом к моделированию подобных денежных потоков является использование положений теории нечетких множеств [2, 3, 4]. Этот подход в настоящее время с успехом используется для решения целого ряда задач в области экономики и финансов. В рамках этого подхода поток $CF(t)$ в общем случае может быть представлен в виде нечеткого множества (нечеткого числа):

возможны различные варианты. При выполнении условия $|-CO_i| \leq CF_n$ учет потока выплат также осуществляется путем уменьшения элемента CF_n на величину $|-CO_i|$ с функцией принадлежности $\mu(CO_i) = 1$. При невыполнении условия $|-CO_i| \leq CF_n$ возможный денежный поток с максимальным значением функции принадлежности $\mu(CF_n) = 1$ не обеспечивает текущую выплату в размере $|-CO_i|$ и возникает необходимость использования заемных средств. Здесь возможно J различных вариантов размера кредита $KP = \Delta_j = |-CO_i| - CF_j(t)$, для элементов денежного потока с различной функцией принадлежности, что соответствует различной возможности обеспечения полной суммы текущего платежа. Возможные размеры кредита однозначно определяются индексом J некоторого элемента нечеткого числа, соответствующего ожидаемой (возможной) сумме поступлений в период t_{H_i}, t_{K_i} . Тогда, если договором поставки не исключается частичная оплата авансовых и окончательных платежей, можно сформировать критерий K_{onm} , минимизация которого позволяет выбрать оптимальный размер кредита, соответствующий оптимальному индексу элемента нечеткого числа J_{onm} . При этом предполагается, что в случае несвоевременной оплаты предусматриваются штрафные санкции в размере дневной ключевой ставки Банка России за каждый день просрочки. С учетом того, что продолжительность кредитования $T_{кр}$ можно принять равной задержке полной оплаты по договору, критерий K_{onm} будет иметь вид:

$$K_{onm} = i_{\sigma} \cdot [|-CO_i| - CF_j(t)] + i_{кл} \cdot [CF_j(t) - CF_n] \cdot \{1 - \mu[CF_j(t)]\}, \quad (4)$$

где i_{σ} – ставка кредитования;

$i_{кл}$ – ключевая ставка Банка России (штрафная ставка при несвоевременной оплате)

При использовании этой зависимости следует учитывать, что для значений индекса J , при которых $CF_j(t) > |-CO_i|$, заемные средства не используются, то есть $|-CO_i| - CF_j(t) = 0$. Это соответствует возможности поступления в период $t_{н_i}, t_{к_i}$ средств, достаточных для обеспечения полной суммы выплаты $|-CO_i|$. Однако возможность штрафных санкций при этом сохраняется, так как необходимая сумма остается нечетким элементом с функцией принадлежности $\mu(CF_j) < 1$.

При использовании подобного критерия предполагается возможность некоторой задержки платежа для всех $CF_j(t) \neq CF_n$. Задержка платежа будет исключена только при условии $CF_j(t) = CF_n$, что будет соответствовать максимальному размеру кредита. Наличие задержки платежа у головного предприятия приведет к дальнейшим задержкам платежей у покупателей и исполнителей различных уровней, что может привести к повышению риска несвоевременной поставки комплектующих. Учет этого риска в выра-

жении (4) может быть осуществлен путем включения в его правую часть дополнительной составляющей, величина которой определяется на основе экспертной оценки.

Все это в конечном итоге может привести к задержкам поставок комплектующих головному исполнителю (фокусному предприятию), находящемуся в центре цепочки кооперации. Таким образом, вероятность нарушения сроков поставки продукции конечному потребителю находится в зависимости от параметров стохастических денежных потоков в цепочках кооперации. Для исключения или ограничения подобных задержек головной исполнитель (предприятие-покупатель), находящийся в центре цепочки кооперации, должен иметь возможность осуществлять финансовый контроль, позволяющий оценивать параметры стохастических и нечетких денежных потоков во всей цепочке кооперации. Подобный финансовый контроль является текущим контролем и предназначен для прогнозирования и устранения возможных проблем с поставками комплектующих. Рассмотренные варианты стохастического и нечетко-множественного моделирования денежных потоков при финансовом планировании и прогнозировании могут быть применены на любом уровне цепочки кооперации и в различных ветвях возникающих при этом потоков.

Литература

1. Сабина А.Л., Кузнецов В.В. Стохастическое финансовое планирование в сфере снабжения предприятий комплектующими изделиями // Финансовая экономика. 2018. № 5. С. 1128 – 1130.
2. Никитов С.И. Применение нечеткой композиции для моделирования логистических потоков // Вопросы инновационной экономики. 2017. Том 7. № 3. С. 247 – 256.
3. Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами // Аудит и финансовый анализ. 2001. № 1.
4. Аньшин В.М., Демкин И.В., Царьков И.Н., Никонов И.М. Применение теории нечетких множеств к задаче формирования портфеля проектов // Проблемы анализа риска. 2008. Том 5. № 3. С. 8 – 21.

References

1. Sabinina A.L., Kuznetsov V.V. Stochastic financial planning in the sphere of supply of enterprises with components. *Financial economics*. 2018. № 5. S. 1128 – 1130.
2. Nikitov S.I. Application of fuzzy composition for modeling of logistics flows. *Problems of innovation economics*. 2017. Vol. 7. № 3. S. 247 – 256.
3. Nedosekin A.O. Application of fuzzy set theory to financial management tasks. *Audit and financial analysis*. 2001. № 1.
4. An'shin V.M., Demkin I.V., Car'kov I.N., Nikonov I.M. Application of fuzzy set theory to the task of portfolio formation. *Problems of risk analysis*. 2008. Vol. 5. № 3. S. 8 – 21.

USING FUZZY SETS TO MODEL CASH FLOWS IN THE SUPPLY OF COMPONENTS

*Kuznetsov V.V., Applicant,
Tula State University*

Abstract: the paper considers the problem of financial planning in cooperation chains for the supply of components and nodes, taking into account the stochasticity of the resulting branched cash flows for buyer enterprises located at any level of the cooperation chain. It is shown that stochastic cash flow can be modeled using elements of fuzzy set theory. Expressions are proposed for determining the values of elements and membership functions for fuzzy sets that model cash flow. It is shown that the cash flow over time will have both deterministic and stochastic (fuzzy) sections. A criterion for optimizing the amount of credit funds used to eliminate the possible insolvency of enterprises-buyers in fuzzy flow sections is proposed. It is shown that there is an increase in the stochasticity and fuzziness of branched cash flows during the transition from the head performer to performers at lower levels for the entire chain of cooperation. It is noted that the probability of violation of the delivery time of products to the final consumer depends on the parameters of stochastic cash flows in the chains of cooperation, determined on the basis of the results of financial control of the entire chain of cooperation on the part of the buyer enterprise located in the center of this chain.

Keyword: cash flows, purchases of components, fuzzy sets